

(19) RU (11) 2145152 (13) C1

(51) 7 H04B7/216

(12) Disclosure of Patent of the Russian Federation

Status of the patent: valid as per September 19, 2006

(14) Publication date of: 2000.01.27

(21) Patent application number: 98118423/09

(22) Date of filing: 1998.10.08

(24) Term of the patent: since 1998.10.08

(45) Published: 2000.01.27

(56) Foreign Application Priority Data: CDMA 200 SYSTEM DESCRIPTION, TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA), v. 16, 08.04.98, p. 150-151. US 5289499 A, 22.0294. US 5295135 A, 15.03.94. US 5103459 A, 07.04.92. US 5703580 A, 30.12.97

(71) Applicant: Garmonov Alexandr Vasilievich, Jury Evgenievich Karpitsky

(72) Inventors: Alexandr Vasilievich Garmonov; Jury Evgenievich Karpitsky;

(73) Patentee: Garmonov Alexandr Vasilievich, Jury Evgenievich Karpitsky

(98) Correspondence Address: Fursova Vera Anatolievna Russian Federation, 394062, Voronezh, Bulvar Festivalny, d. 8

(54) METHOD OF OTHOGONAL TRANSMIT-RECEIVE DIVERSITY IN CELLULAR CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS RADIO COMMUNICATION SYSTEM

In a radio communication system, a mixed combination of binary symbols of each serial group is obtained at the transmit side, i.e. each serial group of binary symbols comprises a set of all symbols of a serial information packet in different combinations; each symbol keeps its time position on the interval of the length of an information serial-parallel packet of binary symbols. According to permutation of binary symbols of an information serial-parallel packet,

binary symbols are permuted in a serial-parallel packet of orthogonal codes. After summation, extension and modulation, serial groups of the extended binary symbols each containing similar set of binary symbols of an input information flow are simultaneously transmitted over spaced transmission channels. Therefore, different combinations of the same information flow of binary symbols could pass through different spaced transmission channels. As a result, even when a signal drops out in all spaced channels except one due to fading, the information is not lost since the information flow is transmitted completely over each spaced channel. At the receive side, correlation coefficients are permuted in parallel groups of the serial-parallel packet, and at the transmit side binary symbols of the information serial-parallel packet are inversed. Therefore, diversity combining of the information flow transmitted over the spaced channels with independent fading allows significant reducing the error rate at the information receiving without increasing SNR at the receiver input. The obtained performance gain results in the communication system capacity increase.

9 drawings.

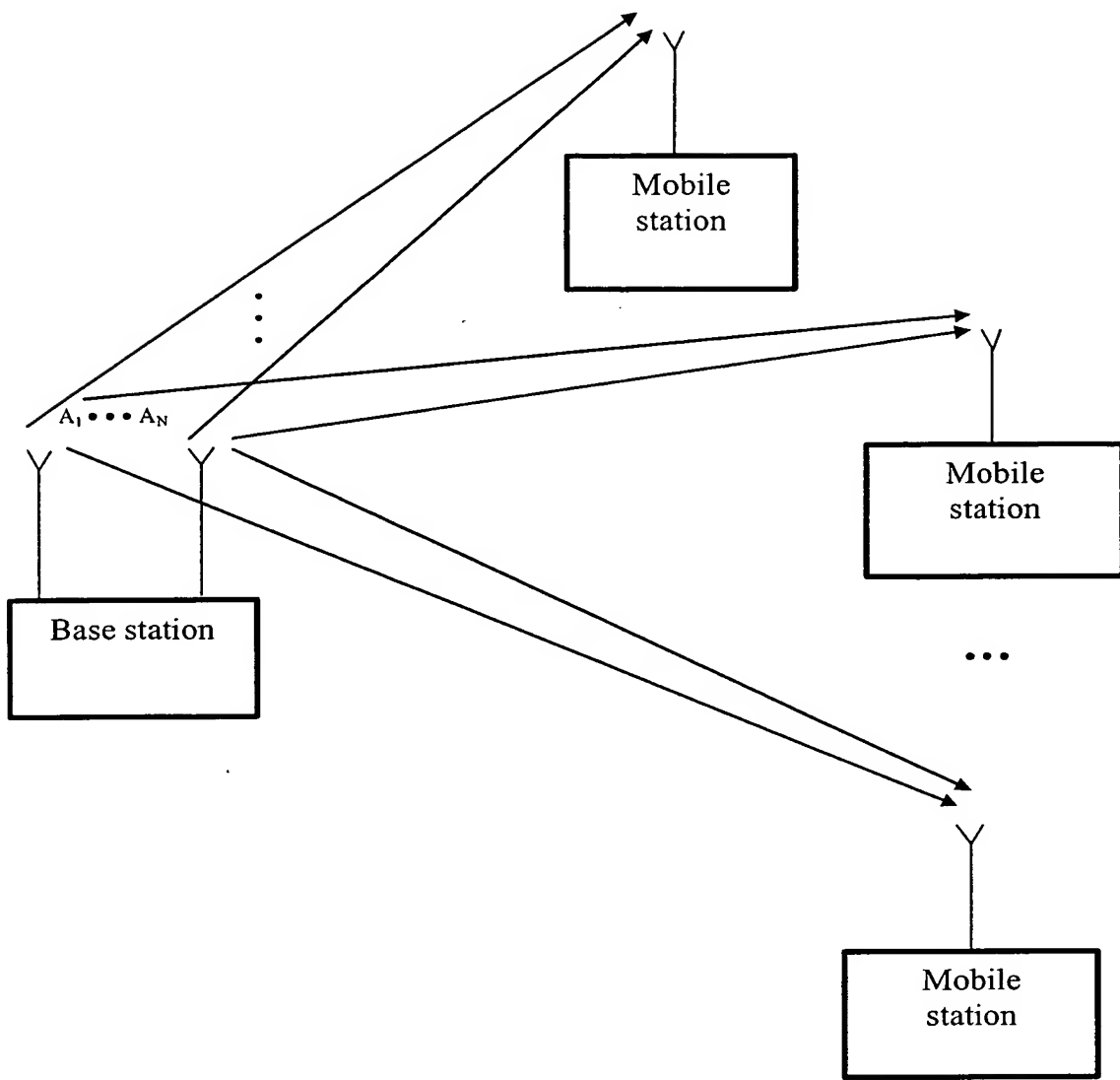


Fig. 1

# TRANSLATOR'S CERTIFICATE

I, Elena Sirotina, a translator

of Kodofon company located at 97 Moskovsky prospect, Voronezh, 394077, Russian Federation

do hereby certify that I am conversant with the English and the Russian languages, and I am a competent translator hereof, and I further certify that to the best of my knowledge and belief the attached **original RU application abstract as published No. RU 2145152** is a true and correct translation made by me of the documents in the Russian language attached hereto.

Dated this *29 Aug. 2006*



---

(signature of translator)



(19) RU (11) 2145152 (13) C1

(51) 7 H 04 B 7/216

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

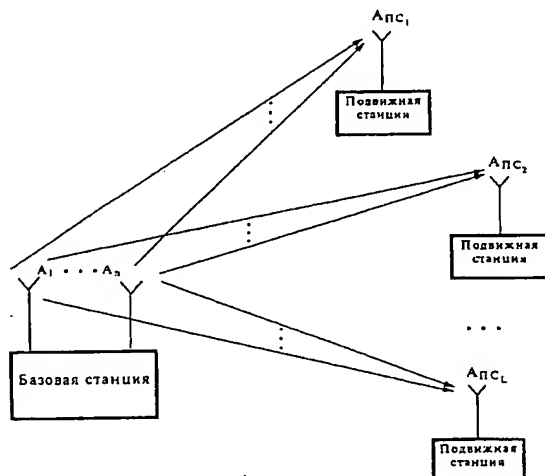
(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**  
к патенту Российской Федерации

1

- (21) 98118423/09 (22) 08.10.1998  
(24) 08.10.1998  
(46) 27.01.2000 Бюл. № 3  
(72) Гармонов А.В., Карпитский Ю.Е.  
(71) (73) Гармонов Александр Васильевич,  
Карпитский Юрий Евгеньевич  
(56) CDMA 200 SYSTEM DESCRIPTION,  
TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY  
ASSOCIATION (TIA), v.16, 08.04.98, p.150-  
151. US 5289499 A, 22.02.94. US 5295135 A,  
15.03.94. US 5103459 A, 07.04.92. US 5703580  
A, 30.12.97.  
(98) 394062, Воронеж, ул.Бульвар фести-  
вальный, 8, Фурсовой В.А.  
(54) СПОСОБ ОРТОГОНАЛЬНОЙ РАЗНЕ-  
СЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ-ПРИЕМА СИГНАЛА  
В СОТОВОЙ СИСТЕМЕ РАДИОСВЯЗИ С  
КODOVЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ  
(57) В системе радиосвязи на передающей  
стороне получают смешанную комбинацию  
двоичных символов в каждой последователь-

2

ной группе, т.е. каждая последовательная группа двоичных символов содержит набор всех символов последовательного информационного пакета, но в различных комбинациях, при этом каждый символ сохраняет свою временную позицию на интервале длительности информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов. Соответственно перестановке двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета осуществляют перестановку двоичных символов в последовательно-параллельном пакете ортогональных кодов. После операций суммирования, расширения и модуляции последовательные группы расширенных двоичных символов, каждая из которых содержит одинаковый набор двоичных символов входного информационного потока, одновременно во времени передают через пространственно-разнесенные каналы передачи. Таким образом, через



Фиг.1

RU

2145152

C1

RU

2145152

C1

разные пространственно-разнесенные каналы передачи идут разные комбинации одного и того же информационного потока двоичных символов. В результате, даже когда из-за замираний сигнал пропадает во всех пространственно-разнесенных каналах, кроме одного, не происходит потери информации, поскольку через каждый пространственно-разнесенный канал информационный поток передается полностью. На приемной стороне осуществляют перестановку в параллельных группах последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции, обратную

перестановке двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета на передающей стороне. Разнесенное объединение информационного потока, переданного через пространственно-разнесенные каналы с независимыми замираниями, позволяет таким образом значительно уменьшить вероятность ошибки при приеме информации без увеличения отношения сигнал/шум на входе приемника. Полученный выигрыш в помехоустойчивости приводит к увеличению емкости системы связи. 9 ил.

Изобретение относится к области радиотехники, в частности к способам разнесенной передачи-приема сигнала в сотовых системах радиосвязи с кодовым разделением каналов (CDMA).

Для противодействия быстрым замираниям, которые присущи системам сотовой радиосвязи, на базовых станциях таких систем применяют пространственное разнесение при приеме сигнала за счет двух или более разнесенных в пространстве антенн. Сигналы, принятые с далеко разнесенных антенн, замирают независимо и комбинируются в соответствии с выбранным способом комбинирования (автовыбор, суммирование с равными весами, когерентное суммирование, максимизирующее отношение сигнал/шум и т.д. [1, У. К. Джэйкс. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ, М.: Связь, 1979, с. 303]). Применение способов разнесенного приема в канале связи с замираниями позволяет значительно улучшить помехоустойчивость связи. [2, William C.Y. Lee. Mobile Cellular Telecommunications. McGraw-Hill, Inc. 1995, p. 215. В. С. Ю. Ли. Мобильная сотовая связь. 1995 г., стр. 215].

На подвижной станции, как правило, невозможен пространственно-разнесенный прием информации. Поэтому задача улучшения помехоустойчивости приема на подвижной станции в канале с замираниями является актуальной. Из принципа взаимности следует такое свойство канала распространения: если сигналы, принятые на далеко разнесенные антенны, замирают независимо, то переданные с этих же антенн сигналы в точке приема тоже будут замирать независимо. Указанное свойство канала распространения в принципе можно использовать для организации разнесенного приема на подвижной станции. Однако передача информации до последнего времени велась только с одной из антенн, поскольку не было известно способа передачи информации более чем через одну антенну, при котором сигналы, переданные с разных антенн, при приеме не создавали бы сильных помех друг другу.

Известно техническое решение [3, патент США N 5,109,390 "Приемник разнесения в сотовых системах связи CDMA", фиг. 3 МПК<sup>5</sup> N 04 L 27/30].

Способ приема-передачи сигнала по этому техническому решению заключается в следующем. Информационный поток на передающей стороне модулируют и передают через один пространственно-разнесенный канал. На приемной стороне входной сигнал

демодулируют, восстанавливая исходный информационный поток.

Недостатком этого способа является то, что информационный поток передают только через один пространственно-разнесенный канал. Из-за случайных замираний сигнала в канале связи в некоторые моменты времени сигнал в точке приема может быть сильным, а в некоторые моменты времени может пропадать. В результате, в среднем, прием замирающего сигнала характеризуется высокой вероятностью ошибки. Снижение вероятности ошибки требует мер по увеличению отношения сигнал/шум при приеме и приводит к уменьшению емкости системы связи.

В настоящее время с целью увеличения емкости прямого канала сотовой системы радиосвязи с кодовым разделением каналов разрабатываются различные способы разнесенной передачи-приема сигнала, при которых передача с базовой станции на подвижную станцию ведется через все имеющиеся антенны базовой станции.

Среди перспективных способов разнесенной передачи-приема сигнала следует выделить способы ортогональной разнесенной передачи-приема.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому способу является способ ортогональной разнесенной передачи сигнала в системе с кодовым разделением каналов, описанный в проекте стандарта для сотовых систем с кодовым разделением каналов CDMA-2000, разработанный и опубликованный Ассоциацией Промышленности связи США 8 апреля 1998 г., стр. 150-151 [4, CDMA 2000 System Description, VO.16/8-Apr-98. Telecommunications Industry Association (TIA)].

Способ в соответствии с этим техническим решением заключается в следующем.

Передаваемые сигналы прямых каналов для одного и того же пользователя разбивают на два или более подпотока разных данных (то есть в каждом из подпотоков содержатся разные данные). Эти подпотоки данных передают через две или более антенны после того, как они расширяются различными кодами Уолша, ортогональными друг с другом для каждого канала передачи (т.е. для каждой антенны свои ортогональные коды). На расширенные последовательности накладываются квадратурные псевдослучайные последовательности, которые являются одинаковыми для всех пользователей в одном секторе. Они могут быть промодулированы в зависимости от исполнения системы. Таким

образом ортогональность сохраняется между двумя и более выходными потоками.

Способ-прототип разрабатывался с целью уменьшения вероятности ошибки при передаче-приеме информации. Рассмотрим за счет чего это достигается. Информационный поток как в способе-аналоге, так и в способе-прототипе представляет собой последовательность закодированных кадров информации равной длины. Каждый кадр информации в способе-прототипе разбивают на подпотоки и передают через все пространственно-разнесенные каналы. Ситуации, когда сигнал пропадает одновременно сразу во всех пространственно разнесенных каналах маловероятны. Поэтому часть кадра всегда принимается. Информационная избыточность, введенная в кадр при кодировании, позволяет в какой-то мере восстанавливать потерянную часть информации в кадре. За счет этого вероятность ошибки при приеме получается меньше, чем в способе-аналоге. Однако недостаток способа-аналога в большей мере сохраняется и в способе-прототипе. В способе-прототипе этот недостаток обусловлен тем, что каждый двоичный символ, входящий во входной информационный поток, передают только через один пространственно-разнесенный канал. Поэтому вероятность пропадания информации (части кадра) велика, а способность восстановления кадра по его части ограничена. В результате вероятность ошибки при приеме в способе-прототипе остается достаточно высокой. Снижение вероятности ошибки требует увеличения среднего отношения сигнал/шум на входе приемника, что означает уменьшение емкости прямого канала системы связи.

Поэтому задача, на решение которой направлен заявляемый способ, - это повышение достоверности передачи информации и увеличение емкости прямого канала передачи сигнала в сотовой системе радиосвязи с кодовым разделением каналов.

Эта задача достигается за счет того, что в способ ортогональной разнесенной передачи-приема сигнала в сотовой системе связи с кодовым разделением каналов, заключающемся в том, что на передающей стороне каждому информационному потоку двоичных символов каждого пользователя назначают расширяющий ортогональный код, формируют  $N$  пространственно-разнесенных каналов передачи, формируют пилот-сигнал для каждого пространственно-разнесенного канала передачи, причем все пилот-сигналы и расширяющие коды пользователей являются взаимно-ортогональными, на приемной стороне осуществляют прием и демодуляцию

переданных сигналов, формируя входной сигнал, формируют пилот-сигналы и расширяющий код для каждого информационного потока двоичных символов данного пользователя на приемной стороне аналогично тому, как это выполнено на передающей стороне, осуществляют поиск и синхронизацию каждого из  $N$  переданных пилот-сигналов, определяя таким образом  $N$  принятых векторов пилот-сигналов, вычисляют корреляцию входного сигнала с расширяющим кодом на последовательных интервалах длительности двоичного символа принимаемого информационного потока, образуя последовательность векторов корреляции, дополнительно вводят следующую последовательность операций:

- на передающей стороне каждый информационный поток двоичных символов разбивают на последовательные информационные пакеты по  $N$  последовательно расположенных двоичных символов в каждом,

- осуществляют последовательно-параллельное преобразование двоичных символов в каждом последовательном информационном пакете, образуя информационный параллельный пакет из  $N$  двоичных символов,

- повторяют информационный параллельный пакет  $N$  раз, образуя таким образом информационный последовательно-параллельный пакет, который содержит  $N$  параллельных и  $N$  последовательных групп двоичных символов на интервале длительности последовательного информационного пакета,

- для каждой последовательной группы информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов формируют ортогональный код из  $N$  двоичных символов, образуя таким образом последовательно-параллельный пакет двоичных символов кодов, который содержит  $N$  параллельных и  $N$  последовательных групп двоичных символов кодов,

- осуществляют перестановку двоичных символов в параллельных группах информационного последовательно-параллельного пакета таким образом, чтобы двоичные символы каждой последовательной группы не повторялись,

- осуществляют перестановку двоичных символов в последовательно-параллельном пакете двоичных символов кодов такую же, как и в информационном последовательно-параллельном пакете двоичных символов,

- суммируют по модулю 2 каждый двоичный символ информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов с соответствующим ему двоичным



символом последовательно-параллельного пакета двоичных символов кодов, образуя таким образом последовательно-параллельный пакет двоичных кодированных символов,

- осуществляют расширение двоичных кодированных символов последовательно-параллельного пакета путем суммирования по модулю 2 каждого двоичного кодированного символа с ортогональным кодом, назначенным информационному потоку пользователя, образуя таким образом информационный последовательно-параллельный пакет расширенных двоичных символов,

- пилот-сигнал для каждого пространственно-разнесенного канала передачи формируют с периодом повторения, кратным длительности пакета двоичных символов,

- назначают каждой последовательной группе расширенных двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета свой пространственно-разнесенный канал,

- модулируют и передают через  $N$  пространственно-разнесенных каналов передачи одновременно во времени последовательные группы расширенных двоичных символов каждого информационного потока каждого пользователя и соответствующие пилот-сигналы,

- на приемной стороне последовательность векторов корреляции разбивают на последовательные пакеты по  $N$  векторов корреляции,

- умножают каждый вектор корреляции на величины, комплексно-сопряженные принятым векторам пилот-сигналов, и берут реальную часть каждого произведения, образуя таким образом последовательно-параллельный пакет коэффициентов корреляции,

- осуществляют перестановку в параллельных группах последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции, обратную перестановке двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета на передающей стороне,

- формируют последовательно-параллельный пакет двоичных символов кодов, соответствующий последовательно-параллельному пакету символов кодов на передающей стороне и содержащий  $N$  последовательных и  $N$  параллельных групп двоичных символов кодов,

- вычисляют корреляцию последовательных групп последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции с последовательными группами последовательно-параллельного пакета двоичных символов ортогональных кодов, образуя параллельный пакет из  $N$  мягких решений, соответствующих

щих  $N$  двоичным символам параллельного информационного пакета на передающей стороне,

- осуществляют параллельно-последовательное преобразование мягких решений параллельного пакета, формируя последовательный пакет мягких решений, который используют для принятия решения об исходном последовательном информационном пакете на передающей стороне.

Сопоставительный анализ заявляемого способа ортогональной разнесенной передачи-приема сигнала в сотовой системе связи с кодовым разделением каналов с прототипом показывает, что заявляемый способ отличается наличием новых существенных признаков, заявленных в отличительной части формулы изобретения.

В результате предложенной новой последовательности операций на передающей стороне получают комбинацию двоичных символов (битов) в каждой последовательной группе, т.е. каждая последовательная группа двоичных символов содержит набор всех символов последовательного информационного пакета, но в различных комбинациях, при этом каждый символ сохраняет свою временную позицию на интервале длительности информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов. Соответственно перестановке двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета необходимо сделать перестановку двоичных символов в последовательно-параллельном пакете двоичных символов ортогональных кодов. После операций суммирования, расширения и модуляции последовательные группы расширенных двоичных символов, каждая из которых содержит одинаковый набор двоичных символов входного информационного потока, одновременно во времени передают через разные пространственно-разнесенные каналы передачи. Таким образом, через разные пространственно-разнесенные каналы передачи идут разные комбинации одного и того же информационного потока двоичных символов. При этом информационные потоки, переданные через разные пространственно-разнесенные каналы, при приеме не создают помех друг другу, несмотря на то, что для передачи информации в каждом пространственно-разнесенном канале используется один и тот же расширяющий ортогональный код. В результате, даже когда из-за замираний сигнал пропадает во всех пространственно-разнесенных каналах, кроме одного, не происходит потери информации, поскольку через каждый пространственно-

разнесенный канал информационный поток передается полностью. Разнесенное объединение информационного потока, переданного через пространственно-разнесенные каналы с независимыми замираниями, позволяет таким образом значительно уменьшить вероятность ошибки при приеме информации без увеличения отношения сигнал/шум на входе приемника. Полученный выигрыш в помехоустойчивости может быть реализован на увеличение емкости системы связи.

Следовательно, заявляемый способ отвечает критерию "новизна".

Сопоставительный анализ заявляемого изобретения с другими техническими решениями, известными в данной области техники, не позволил выявить признаки, заявленные в отличительной части формулы изобретения. А введение совокупности заявленных отличительных признаков в формулу изобретения позволит существенно увеличить емкость сотовой системы радиосвязи с кодовым разделением каналов. Следовательно, заявляемый способ ортогональной разнесенной передачи-приема сигнала в сотовой системе связи с кодовым разделением каналов отвечает критериям изобретения "новизна", "техническое решение задачи", "существенные отличия" и отвечает изобретательскому уровню.

Описание изобретения поясняется графическими материалами. Фиг. 1 иллюстрирует общий вид способа ортогональной разнесенной передачи-приема сигнала в сотовой системе радиосвязи с кодовым разделением каналов от базовой станции к подвижным станциям. На фиг. 2 изображена последовательность операций способа на передающей стороне, в частности отражены те операции, которые необходимы для понимания сущности заявленного изобретения. На фиг. 3-1 и фиг. 3-2 представлена последовательность операций способа на принимаемой стороне, в частности отражены те операции, которые необходимы для понимания сущности заявленного изобретения, при этом фиг. 3-2 является продолжением фиг. 3-1. На фиг. 4 показано устройство для реализации заявляемого способа на передающей стороне. На фиг. 5 показано устройство для реализации способа на приемной стороне. На фиг. 6 приведены кривые вероятности ошибки перед декодером Витерби алгоритмов ортогональной разнесенной передачи прототипа и заявляемого технического решения, полученные путем компьютерного моделирования. На фиг. 7 приведены кривые вероятности фреймовой ошибки алгоритмов ортогональной разнесенной передачи прототипа и

заявляемого технического решения, полученные путем компьютерного моделирования. На фиг. 8 приведены кривые битовой вероятности ошибки после декодера Витерби алгоритмов ортогональной разнесенной передачи прототипа и заявляемого технического решения, полученные путем компьютерного моделирования.

Заявляемый способ ортогональной разнесенной передачи-приема сигнала в сотовой системе связи с кодовым разделением каналов реализуют на передающей аппаратуре базовой станции и приемной аппаратуре подвижной станции, при этом реализация способа не требует заметного усложнения передающей и приемной аппаратуры базовой и подвижных станций и не требует применения дополнительных расширяющих ортогональных кодов.

Рассмотрим фиг. 2, которая иллюстрирует последовательность операций способа на передающей стороне, в частности отражены те операции, которые необходимы для понимания сущности заявленного изобретения. В качестве примера реализации возьмем четыре пространственно-разнесенных канала передачи.

На передающей стороне каждому информационному потоку двоичных символов каждого пользователя назначают расширяющий ортогональный код, обозначим  $P_k$ . Каждый информационный поток двоичных символов разбивают на последовательные информационные пакеты по  $N$  последовательно расположенных двоичных символов в каждом,  $N$  в нашем случае равно четырем. Тогда соответственно обозначим каждый двоичный символ  $b_1, b_2, b_3$  и  $b_4$  (фиг. 2а).

Осуществляют последовательно-параллельное преобразование двоичных символов в каждом последовательном информационном пакете, образуя информационный параллельный пакет из 4 двоичных символов (фиг. 2б). Повторяют информационный параллельный пакет 4 раза, образуя таким образом информационный последовательно-параллельный пакет, который содержит 4 параллельных группы, каждая из которых содержит все символы последовательного информационного пакета входного потока двоичных символов ( $b_1, b_2, b_3$  и  $b_4$ ), и 4 последовательных группы двоичных символов, каждая из которых содержит четыре одинаковых (повторенных) двоичных символа, при этом каждый двоичный символ стоит на своей временной позиции на интервале длительности последовательного информационного пакета (фиг. 2в).

Для каждой последовательной группы информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов формируют ортогональный код из 4 двоичных символов (например, четыре кода:  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_4$ , первый код состоит из двоичных символов  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ,  $C_{14}$ , второй код состоит из двоичных символов  $C_{21}$ ,  $C_{22}$ ,  $C_{23}$ ,  $C_{24}$ , третий код состоит из двоичных символов  $C_{31}$ ,  $C_{32}$ ,  $C_{33}$ ,  $C_{34}$ , и четвертый код состоит из двоичных символов  $C_{41}$ ,  $C_{42}$ ,  $C_{43}$ ,  $C_{44}$ ), образуя таким образом последовательно-параллельный пакет двоичных символов ортогональных кодов, который содержит 4 параллельных и 4 последовательных групп двоичных символов ортогональных кодов, (фиг. 2г).

Осуществляют перестановку двоичных символов в параллельных группах информационного последовательно-параллельного пакета таким образом, чтобы двоичные символы каждой последовательной группы не повторялись. Причем перестановку двоичных символов выполняют таким образом, чтобы каждая последовательная группа содержала набор всех символов последовательного информационного пакета двоичных символов входного потока, но в различных комбинациях, и каждый двоичный символ сохранял свою временную позицию на интервале длительности последовательного информационного пакета. При этом комбинации могут быть самыми разнообразными. Рассмотрим некоторые из них. Например, двоичные символы в первой параллельной группе не переставляют (фиг. 2д, см. слева). Двоичные символы второй параллельной группы переставляют следующим образом, четвертый двоичный символ - в первую последовательную группу, первый двоичный символ - во вторую последовательную группу, второй двоичный символ - в третью последовательную группу, третий двоичный символ - в четвертую последовательную группу. Двоичные символы третьей параллельной группы переставляют следующим образом: третий - в первую последовательную группу, четвертый - во вторую последовательную группу, первый - в третью последовательную группу и второй - в четвертую последовательную группу. Двоичные символы четвертой параллельной группы переставляют следующим образом: второй двоичный символ - в первую последовательную группу, третий - во вторую последовательную группу, четвертый - в третью последовательную группу и первый - в четвертую последовательную группу.

Приведенный пример перестановки имеет аналогию с циклическим сдвигом. При этом первая параллельная группа остается без изменений, двоичные символы второй параллельной группы циклически сдвигают "вниз" на один двоичный символ, двоичные символы третьей параллельной группы циклически сдвигают "вниз" на два двоичных символа, двоичные символы четвертой параллельной группы циклически сдвигают "вниз" на три двоичных символа.

Осуществляют перестановку двоичных символов в последовательно-параллельном пакете двоичных символов ортогональных кодов такую же, как и в информационном последовательно-параллельном пакете двоичных символов (2е).

Суммируют по модулю 2 каждый двоичный символ информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов с соответствующим ему двоичным символом последовательно-параллельного пакета двоичных символов ортогональных кодов, образуя таким образом последовательно-параллельный пакет двоичных кодированных символов (фиг. 2ж).

Осуществляют расширение двоичных кодированных символов последовательно-параллельного пакета путем суммирования по модулю 2 каждого двоичного кодированного символа с ортогональным кодом, назначенным информационному потоку пользователя, образуя таким образом информационный последовательно-параллельный пакет расширенных двоичных символов (фиг. 2з).

Формируют четыре пространственно-разнесенных канала передачи (фиг. 2и).

Формируют пилот-сигнал для каждого пространственно-разнесенного канала передачи с периодом повторения, кратным длительности пакета двоичных символов, причем все пилот-сигналы и расширяющие коды пользователей являются взаимно ортогональными.

Назначают каждой последовательной группе расширенных двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета свой пространственно-разнесенный канал. Модулируют и передают через четыре пространственно-разнесенных каналов передачи одновременно во времени последовательные группы расширенных двоичных символов текущего информационного последовательно-параллельного пакета каждого информационного потока каждого пользователя и соответствующие пилот-сигналы.

Рассмотрим фиг. 3-1 и фиг. 3-2, которые иллюстрируют последовательность операций способа на принимаемой стороне, в частности отражены те операции, которые необходимы

для понимания сущности заявленного изобретения.

На приемной стороне осуществляют прием (фиг. 3-1а) и демодуляцию переданных сигналов (фиг. 3-1б), формируя входной сигнал.

Формируют опорные сигналы (пилот-сигналы и расширяющий код для каждого информационного потока двоичных символов данного пользователя на приемной стороне) аналогично тому, как это выполнено на передающей стороне (фиг. 3-1в).

Осуществляют поиск и синхронизацию каждого из  $N$  переданных пилот-сигналов, определяя таким образом  $N$  принятых векторов пилот-сигналов (фиг. 3-1г).

Вычисляют корреляцию входного сигнала с расширяющим кодом на последовательных интервалах длительности двоичного символа принимаемого информационного потока (фиг. 3-1д), образуя последовательность векторов корреляции  $K_1, K_2, K_3, K_4, \dots$ .

Последовательность векторов корреляции  $K_1, K_2, K_3, K_4, \dots$  разбивают на последовательные пакеты по  $N$  векторов корреляции (фиг. 3-1е).

Умножают попарно каждый вектор корреляции на величины, комплексно-сопряженные принятым векторам пилот-сигналов ( $P_1 \dots P_4$ ), и берут реальную часть каждого произведения, образуя таким образом последовательно-параллельный пакет коэффициентов корреляции (фиг. 3-1ж).

Осуществляют перестановку в параллельных группах последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции, обратную перестановку двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета на передающей стороне (фиг. 3-2з).

Формируют последовательно-параллельный пакет двоичных символов ортогональных кодов, соответствующий последовательно-параллельному пакету символов ортогональных кодов на передающей стороне, содержащий 4 последовательных и 4 параллельных групп двоичных символов ортогональных кодов (фиг. 3и).

Вычисляют корреляцию последовательных групп последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции с последовательными группами последовательно-параллельного пакета двоичных символов ортогональных кодов, образуя параллельный пакет из 4 мягких решений (фиг. 3-2к).

Осуществляют параллельно-последовательное преобразование мягких решений параллельного пакета, формируя последовательный пакет мягких решений (фиг. 3-2л).

Последовательный пакет мягких решений используют для принятия решения о последовательном информационном пакете на передающей стороне (фиг. 3м).

Заявляемый способ на передающей стороне реализуют, используя устройство передачи сигнала, блок-схема которого представлена на фиг. 4.

Устройство передачи сигнала для реализации заявляемого способа в соответствии с фиг. 4 содержит, например, для  $M$  пользователей  $M$  аналогично сформированных ветвей передачи сигнала. Каждая ветвь передачи сигнала содержит следующие блоки.

Формирователь последовательно-параллельного пакета двоичных символов 1, в котором информационный поток двоичных символов разбивают на последовательные информационные пакеты, осуществляют последовательно-параллельное преобразование двоичных символов, образуя параллельный пакет из  $N$  двоичных символов, повторяют информационный параллельный пакет  $N$  раз, образуя информационный последовательно-параллельный пакет из  $N$  двоичных символов.

Блок перестановки двоичных символов 2, который осуществляет перестановку двоичных символов в параллельных группах информационного последовательно-параллельного пакета.

Блок формирования последовательно-параллельного пакета двоичных символов ортогональных кодов 3.

Блок перестановки двоичных символов ортогональных кодов 4, который осуществляет перестановку двоичных символов ортогональных кодов такую же, как и в информационном последовательно-параллельном пакете двоичных символов.

Первый блок суммирования по модулю 2 5, в котором суммируют по модулю два каждый двоичный символ информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов с соответствующим ему двоичным символом последовательно-параллельного пакета двоичных символов ортогональных кодов, образуя таким образом последовательно-параллельный пакет двоичных кодированных символов.

Функционально блоки 1, 2, 3, 4 и 5 можно реализовать, например, на микро-ЭВМ.

Генератор расширяющего ортогонального кода 6, который формирует расширяющий ортогональный код информационного потока пользователя.

Второй блок суммирования по модулю 2 7, в котором осуществляют расширение двоичных кодированных символов последовательно-параллельного пакета путем суммирования по модулю два каждого двоичного кодированного символа с ортогональным кодом, назначенным информационному потоку пользователя, образуя таким образом информационный последовательно-параллельный пакет расширенных двоичных символов. Второй блок суммирования по модулю 2 7 работает на более высокой частоте относительно первого блока суммирования по модулю 2 5.

Далее устройство передачи сигнала в соответствии с фиг. 4 содержит блок формирования пилот-сигналов 8,  $N$  модуляторов 9-1 - 9- $N$  и  $N$  антенн 10-1 - 10- $N$ .

Блок формирования пилот-сигналов 8 формирует пилот-сигнал для каждого пространственно-разнесенного канала передачи с периодом повторения, кратным длительности пакета двоичных символов, причем все пилот-сигналы и расширяющие коды пользователей являются взаимно ортогональными.

Модуляторы 9-1 - 9- $N$ , в которых модулируют последовательные группы расширенных двоичных символов каждого информационного потока каждого пользователя и соответствующие пилот-сигналы.

Антенны 10-1 - 10- $N$  для передачи последовательных групп расширенных двоичных символов каждого информационного потока каждого пользователя и соответствующих пилот-сигналов.

Устройство приема сигнала для реализации заявляемого способа в соответствии с фиг. 5 содержит следующие блоки.

Антенну 11 для приема входного сигнала.

Демодулятор 12 для демодуляции принятого сигнала.

Коррелятор 13 вычисляет корреляцию входного сигнала с расширяющим кодом информационного потока пользователя.

Корреляторы 14-1 - 14- $N$  вычисляют корреляцию входного сигнала с пилот-сигналами пространственно-разнесенных каналов 1 -  $N$  соответственно.

Генераторы опорных сигналов 16 предназначены для формирования расширяющего кода информационного потока пользователя и пилот-сигналов пространственно-разнесенных каналов.

Приемник поиска 15 осуществляет поиск и временную синхронизацию каждого из  $N$  переданных пилот-сигналов.

Формирователь последовательного пакета векторов корреляции 17 разбивает последовательность векторов корреляции на выходе

блока 13 на последовательные пакеты по  $N$  векторов корреляции.

Формирователь последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции 18, в котором умножают попарно каждый вектор корреляции последовательного пакета векторов корреляции на величины, комплексно-сопряженные векторам пилот-сигналов, и берут реальную часть каждого произведения, образуя таким образом последовательно-параллельный пакет коэффициентов корреляции.

Блок перестановки коэффициентов корреляции 20 осуществляет перестановку в параллельных группах последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции, обратную перестановке двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета на передающей стороне.

Формирователь последовательно-параллельного пакета двоичных символов ортогональных кодов 21 формирует последовательно-параллельный пакет двоичных символов ортогональных кодов, соответствующий последовательно-параллельному пакету двоичных символов ортогональных кодов на передающей стороне.

В блоке корреляции 22 вычисляют корреляцию последовательных групп последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции с последовательными группами последовательно-параллельного пакета двоичных символов ортогональных кодов, образуя параллельный пакет из  $N$  мягких решений, соответствующих  $N$  двоичным символам параллельного информационного пакета на передающей стороне.

Блок параллельно-последовательного преобразования 23 осуществляет параллельно-последовательное преобразование мягких решений параллельного пакета, формирует последовательный пакет мягких решений, который используют для принятия решения об исходном последовательном информационном пакете на передающей стороне.

Функционально блоки 17, 18, 20, 22 и 23 можно реализовать, например, на микро-ЭВМ.

Блок принятия решения 24 на основании полученного последовательного пакета мягких решений принимает решение об исходном последовательном информационном пакете на передающей стороне.

На фиг. 6, 7, 8 приведены результаты сравнения алгоритмов ортогональной разнесенной передачи прототипа и заявляемого технического решения, полученные путем компьютерного моделирования.

На фиг. 6 приведены кривые битовой вероятности ошибки перед декодером Витерби, где А - алгоритм ортогональной разнесенной передачи (прототип [2]), В - алгоритм ортогональной разнесенной передачи по заявляемому способу.

Результаты сравнения алгоритмов заявляемого способа и прототипа приведены при использовании их в прямом канале сотовой системы радиосвязи с кодовым разделением каналов по стандарту IS-95 [5, Стандарт совместимости подвижной и базовой станций для двухрежимных сотовых широкополосных систем с расширением спектра TIA/TIA/IS-95-A, may 1995. Telecommunications Industry Association] для следующих параметров системы: две антенны на базовой станции, скорость передачи информации 9600 кб/с, канал с белым шумом и плоскими рэлеевскими замираниями с частотой 77 Гц.

Анализ кривых на фиг. 6 показывает, что при разнесенной передаче через две антенны заявляемый способ имеет лучшие характеристики по сравнению с прототипом.

Вероятность ошибки 10% является рабочим уровнем вероятности ошибки до декодера Витерби анализируемой системы связи. Для указанной вероятности ошибки выигрыш заявляемого способа по сравнению с прототипом составляет примерно 2 дБ.

На фиг. 7 приведены кривые вероятности фреймовой ошибки сравниваемых алгоритмов разнесенной передачи-приема.

Из фиг. 7 видно, что заявляемый способ по сравнению с прототипом обладает лучшими характеристиками. Для рабочего уровня фреймовой вероятности ошибки 1% выигрыш заявляемого способа по сравнению с прототипом равен примерно 3 дБ.

На фиг. 8 приведены кривые битовой вероятности ошибки после декодера Витерби сравниваемых алгоритмов разнесенной передачи-приема.

Из фиг. 8 видно, что заявляемый способ по сравнению с прототипом также обладает лучшими характеристиками. Для рабочего

уровня вероятности битовой ошибки после декодера Витерби 0,1% выигрыш заявляемого способа по сравнению с прототипом превышает 2 дБ.

В результате проведенного сравнения заявляемого способа ортогональной разнесенной передачи-приема сигнала в сотовой системе радиосвязи с кодовым разделением каналов с прототипом и другими известными техническими решениями можно сделать вывод о том, что заявляемый способ обладает существенным преимуществом, так как позволяет одновременно во времени передать через все пространственно-разнесенные каналы передачи один и тот же информационный поток двоичных символов. При этом информационные потоки, переданные через разные пространственно-разнесенные каналы, при приеме не создают помех друг другу, несмотря на то, что для передачи информации в каждом пространственно-разнесенном канале используется один и тот же расширяющий ортогональный код. В результате, даже, когда из-за замираний сигнал пропадает во всех пространственно-разнесенных каналах, кроме одного, не происходит потери информации, поскольку через каждый пространственно-разнесенный канал информационный поток передается полностью. Разнесенное объединение информационного потока, переданного через пространственно-разнесенные каналы с независимыми замираниями, позволяет таким образом значительно уменьшить вероятность ошибки при приеме информации без увеличения отношения сигнал/шум на входе приемника. Полученный выигрыш в помехоустойчивости приводит к увеличению емкости системы связи.

Заявляемое техническое решение, после подачи заявки на изобретение в Федеральный институт промышленной собственности России, будет предложено Европейскому Институту Стандартизации в качестве предложения к проекту стандарта UMTS.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

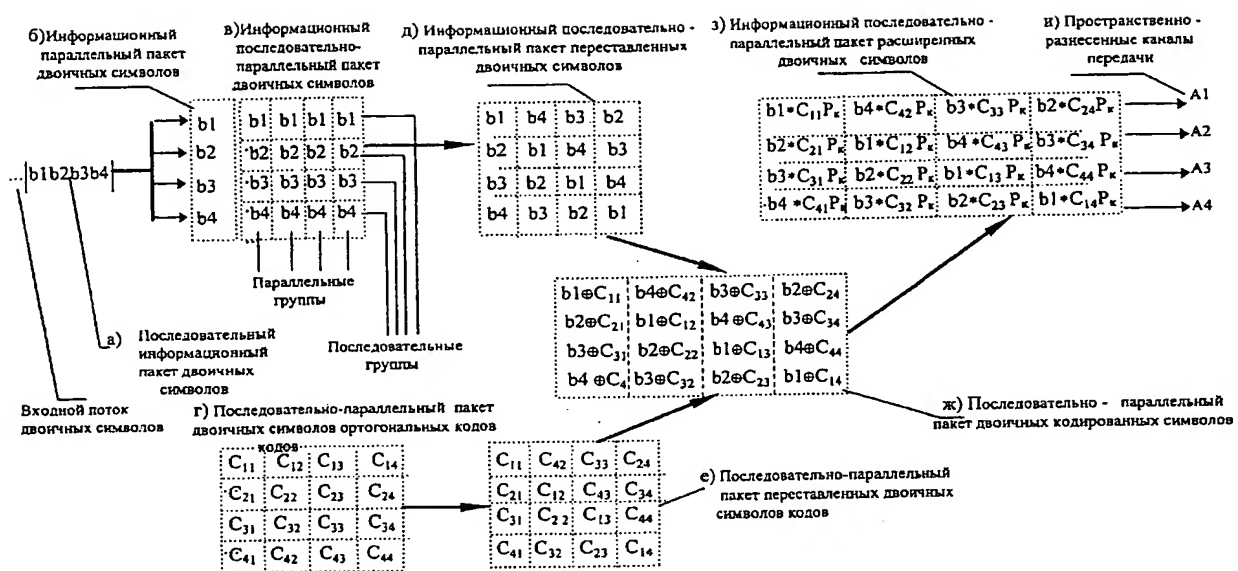
Способ ортогональной разнесенной передачи-приема сигнала в сотовой системе связи с кодовым разделением каналов, заключающийся в том, что на передающей стороне каждому информационному потоку двоичных символов каждого пользователя назначают расширяющий ортогональный код, формируют N пространственно-разнесенных каналов передачи, формируют пилот-сигнал для каждого пространственно-разнесенного кана-

ла передачи, причем все пилот-сигналы и расширяющиеся коды пользователей являются взаимно ортогональными, на приемной стороне осуществляют прием и демодуляцию переданных сигналов, формируя входной сигнал, формируют пилот-сигналы и расширяющийся код для каждого информационного потока двоичных символов данного пользователя на приемной стороне аналогично тому, как это выполнено на передающей



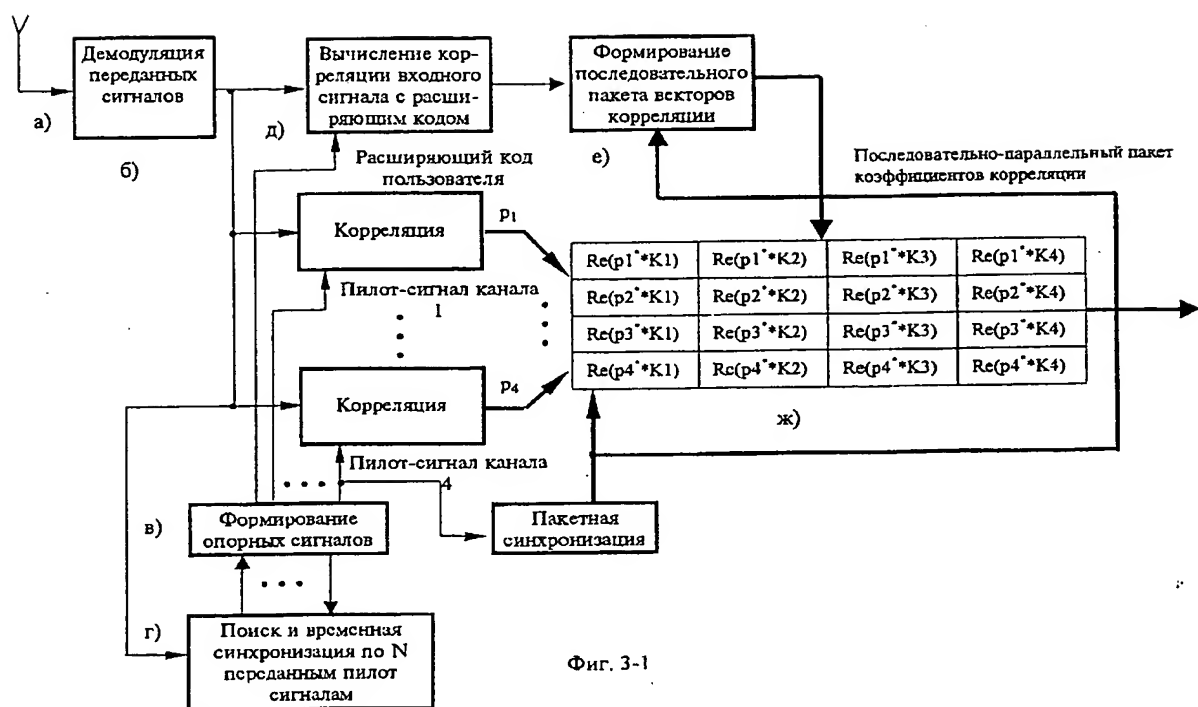
стороне, осуществляют поиск и синхронизацию каждого из  $N$  переданных пилот-сигналов, определяя таким образом  $N$  принятых векторов пилот-сигналов, вычисляют корреляцию входного сигнала с расширяющим кодом на последовательных интервалах длительности двоичного символа принимаемого информационного потока, образуя последовательность векторов корреляции, отличающийся тем, что на передающей стороне каждый информационный поток двоичных символов разбивают на последовательные информационные пакеты по  $N$  последовательно расположенных двоичных символов в каждом, осуществляют последовательно-параллельное преобразование двоичных символов в каждом последовательном информационном пакете, образуя информационный параллельный пакет из  $N$  двоичных символов, повторяют информационный параллельный пакет  $N$  раз, образуя, таким образом, информационный последовательно-параллельный пакет, который содержит  $N$  параллельных и  $N$  последовательных групп двоичных символов на интервале длительности последовательного информационного пакета, для каждой последовательной группы информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов формируют ортогональный код из  $N$  двоичных символов, образуя, таким образом, последовательно-параллельный пакет двоичных символов ортогональных кодов, который содержит  $N$  параллельных и  $N$  последовательных групп двоичных символов ортогональных кодов, осуществляют перестановку двоичных символов в параллельных группах информационного последовательно-параллельного пакета так, чтобы двоичные символы каждой последовательной группы не повторялись, осуществляют перестановку двоичных символов в последовательно-параллельном пакете двоичных символов ортогональных кодов, такую же, как и в информационном последовательно-параллельном пакете двоичных символов, суммируют по модулю 2 каждый двоичный символ информационного последовательно-параллельного пакета двоичных символов с соответствующим ему двоичным символом последовательно-параллельного пакета двоичных символов ортогональных кодов, образуя, таким образом, последовательно-параллельный пакет двоичных кодированных символов, осуществляют расширение двоичных кодированных символов последовательно-параллельного пакета путем суммирования по модулю 2 каждого двоичного кодированного символа с ортого-

нальным кодом, назначенным информационному потоку пользователя, образуя, таким образом, информационный последовательно-параллельный пакет расширенных двоичных символов, пилот-сигнал для каждого пространственно-разнесенного канала передачи формируют с периодом повторения, кратным длительности пакета двоичных символов, назначают каждой последовательной группе расширенных двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета свой пространственно-разнесенный канал, модулируют и передают через  $N$  пространственно-разнесенных каналов передачи одновременно во времени последовательные группы расширенных двоичных символов каждого информационного потока каждого пользователя и соответствующие пилот-сигналы, на приемной стороне последовательность векторов корреляции разбивают на последовательные пакеты по  $N$  векторов корреляции, умножают каждый вектор корреляции на величины, комплексно-сопряженные принятым векторам пилот-сигналов, и берут реальную часть каждого произведения, образуя, таким образом, последовательно-параллельный пакет коэффициентов корреляции, осуществляют перестановку в параллельных группах последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции, обратную перестановке двоичных символов информационного последовательно-параллельного пакета на передающей стороне, формируют последовательно-параллельный пакет двоичных символов ортогональных кодов, соответствующий последовательно-параллельному пакету символов ортогональных кодов на передающей стороне и содержащий  $N$  последовательных и  $N$  параллельных групп двоичных символов ортогональных кодов, вычисляют корреляцию последовательных групп последовательно-параллельного пакета коэффициентов корреляции с последовательными группами последовательно-параллельного пакета символов ортогональных кодов, образуя параллельный пакет из  $N$  мягких решений, соответствующих  $N$  двоичным символам параллельного информационного пакета на передающей стороне, осуществляют параллельно-последовательное преобразование мягких решений параллельного пакета, формируя последовательный пакет мягких решений, который используют для принятия решения об исходном последовательном информационном пакете на передающей стороне.

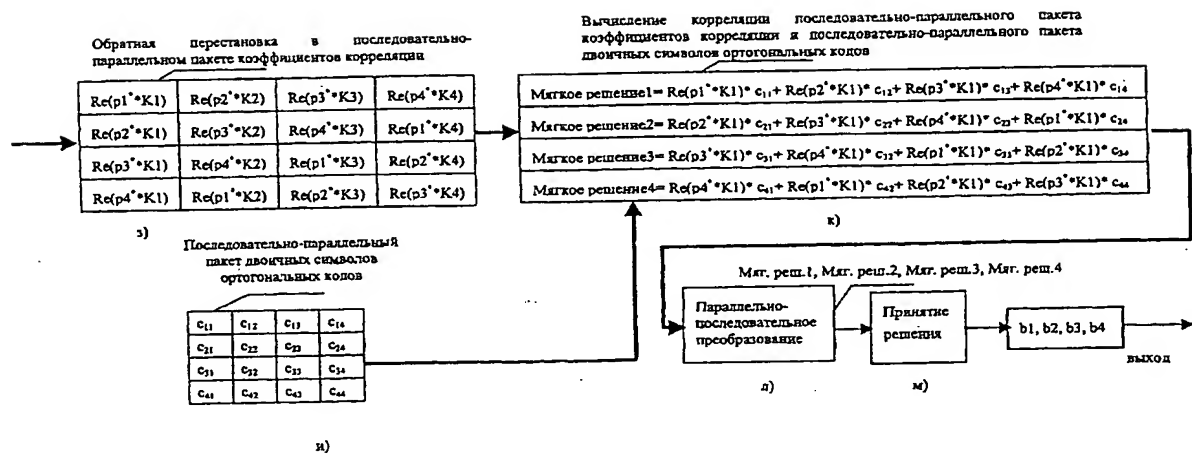


Фиг. 2

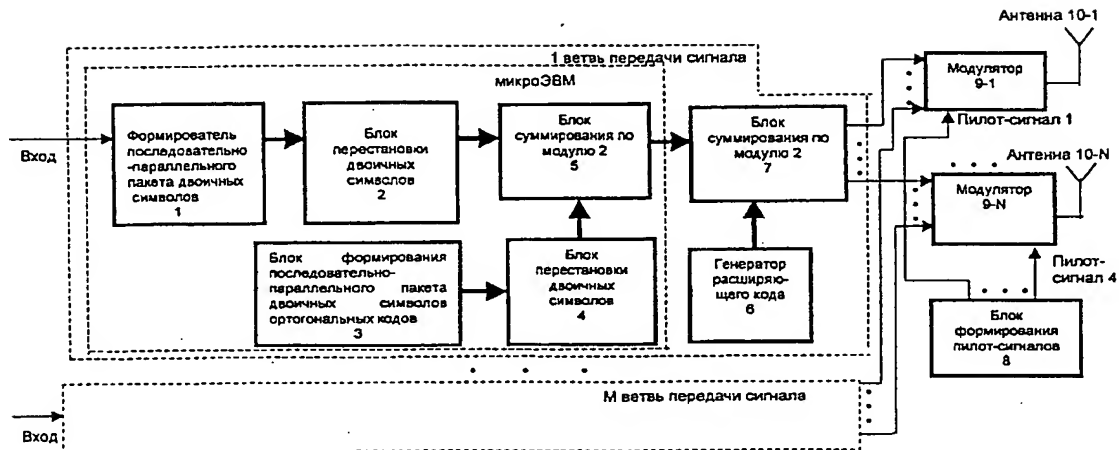




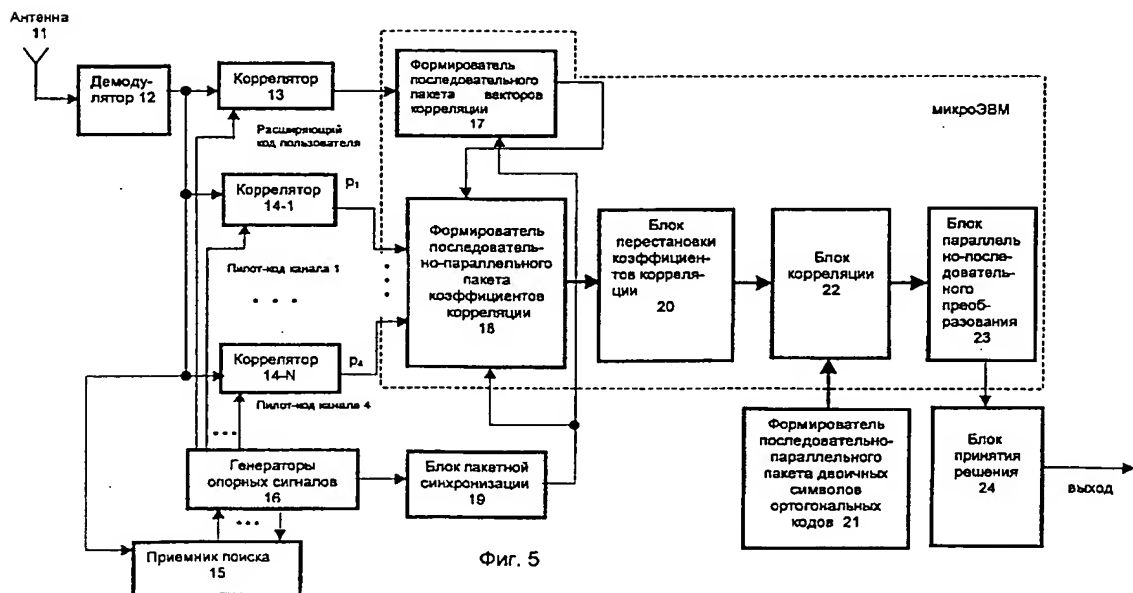
Фиг. 3-1



Фиг. 3-2

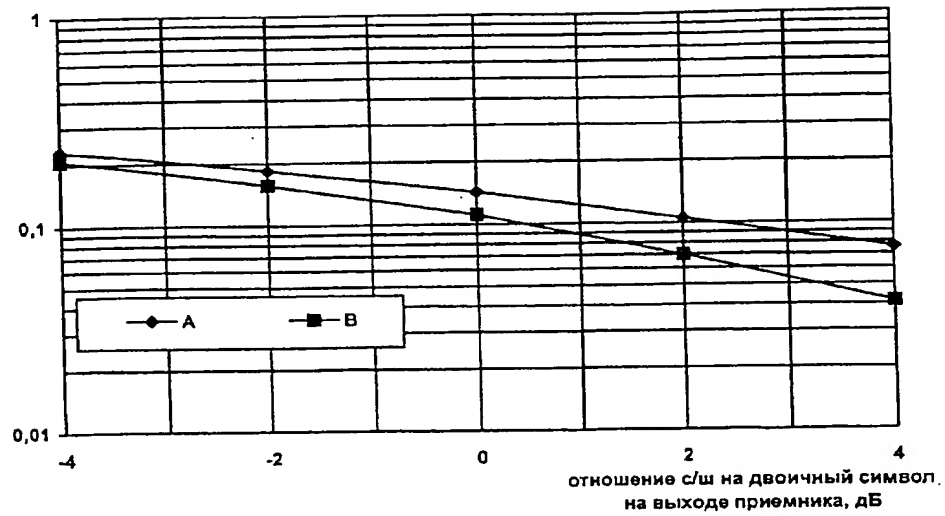


Фиг. 4



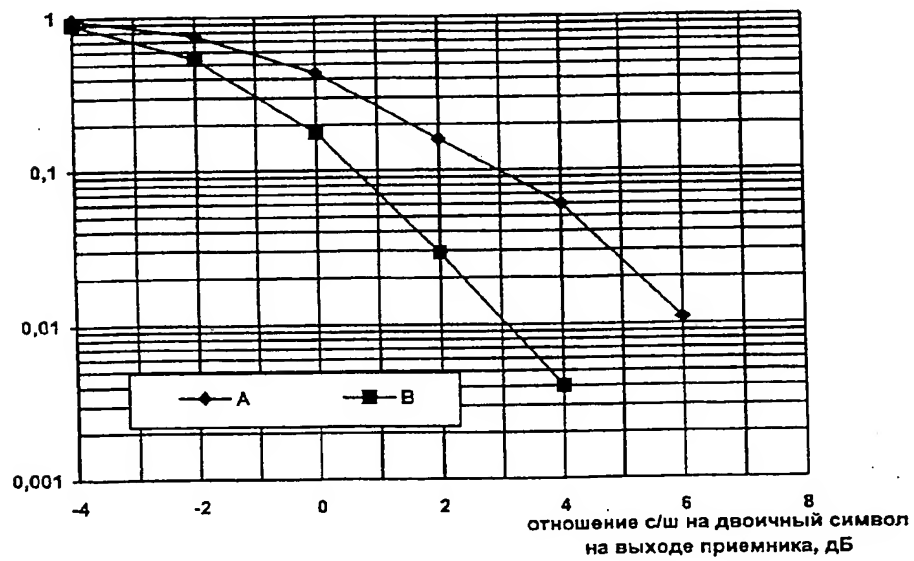
Фиг. 5

Вероятность  
ошибки до  
декодера Витерби

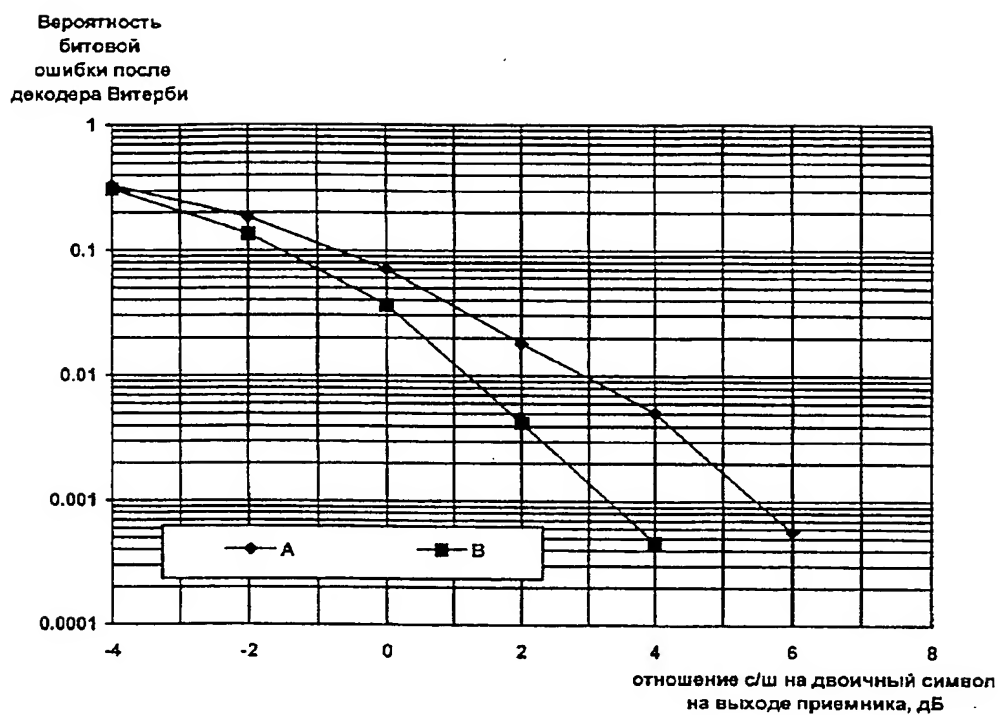


Фиг. 6

Фреймовая  
вероятность  
ошибки



Фиг. 7



Фиг. 8

Заказ 3и

Подписное

ФИПС, Рег. ЛР № 040921

121858, Москва, Бережковская наб., д.30, корп.1,

Научно-исследовательское отделение по

подготовке официальных изданий

Отпечатано на полиграфической базе ФИПС

121873, Москва, Бережковская наб., 24, стр.2

Отделение выпуска официальных изданий